水稻節水栽培之可行性探討(三)

臺灣水資源之特性及乾旱因應作法

◎ 農試所農藝組　張芳銘 楊純明

一、前言

臺灣地區年平均降雨量約2,500公釐，約為全球年平均降雨量970公釐之2.6倍，換算成降雨總量約為900億立方米。此一標準將臺灣地區歸屬於降雨量豐富地區之一，然而過多的人口使得每年每人平均所能分配的降雨量僅約4,250立方米，遠低於亞洲開發銀行研究公佈亞洲地區每人每年之分配降雨量26,700立方米。換言之，臺灣地區所能分配到的水資源量是亞洲平均值的六分之一，又因此被劃為水資源利用潛能不高地區，只高於巴基斯坦(1,800立方米)、中國大陸(2,000立方米)、印度 (2,200立方米)、斯里蘭卡(2,400立方米)、阿富汗(2,500立方米)及泰國(3,400立方米)等六國家。

依照地理位置及水資源特性，吾人可將臺灣區域性水資源概分成北、中、南、東等四個區域，其中枯水季與豐水季逕流量比在北部區域大約為1:3.5，中部區域約為1:7，南部區域約為1:10，東部地區則約為1:4。如此大幅枯、豐水季流量比差異，是造成季節性(枯水季)缺水的主因。臺灣各區域在豐水季係以引取河川流水供應為主，水庫供給為輔，但在枯水季由於各區域河川流水量的嚴重不足，往往需要依賴水庫蓄水量與地下水來調節供應。於是乎對於水資源滿足度較高的北部區域，將可能因為水資源調度彈性低，在豐水季的冬季發生降雨低於平均值狀況導致大臺北地區的缺水現象。其他區域的水資源滿足度通常不如北部區域，而增加了缺水機率，尤以南部區域為甚，常因水資源供需失衡使之成為全臺各區域潛在缺水危機最高者。一旦遭逢乾梅(或稱空梅)，或者颱風期的颱風過門不入，即可能造成缺水乾旱。反之，中部與東部區域則因河川、水庫的水資源較豐沛，具有較低供需失調機率，除非長期不雨才會啓動限水措施。此外，由於現行的區域間水資源調配機制尚未完備，當降雨量不正常或極度不足時，即易造成供水不足的情況，對產業運轉及農用灌溉極為不利與不便。

二、三生化的水資源利用

農業在先天上擁有生產、生活、生態等「三生」功能，此亦為現階段政府推動農業政策的動源，其實水資源的利用過程

作　者：楊研究員純明
聯絡電話: 04-23302301-135

也具有類似意涵與價值。因爲水不單是生產代謝食衣住行的必要物質，也是人類賴以生存活命所必需的日常生活元素，更重要的，水更是後世子孫之生存環境與生態維繫的重要因子。沒有水，萬物將無以爲繼，地球上將無生命存在。

初期社會以綿延生命爲主，追求生命的存在與繁衍，人類的主要思考著重於作爲食物的農作物栽種或牲畜的飼養。由於農作物的栽種和牲畜的飼養依賴水、土和物種，只要這三項條件的配合即可生產糧食，因此水的管理在於發掘水源，水的利用係爲了生產與生活。又因當時人口不多，灌溉用的水佔大部份，且人畜共用，在水源充沛地區常吸引人群聚居形成部落。隨著文明進步及工商繁榮，人口逐漸增加，農產食品的量和質亦隨之提高，這時對水的利用層面廣寬許多，開始利用於非農產食品的製造內容和過程，而且人們對水的品質要求也升高了，同時要求”有”及”好”。此時期的水管理，加入水源的蓄積與涵養觀念，而水的利用則進入產值和品質兼顧的計劃性生產，注重生活化的利用。當世界人口從過去的二、三十億劇增到今日的六十多億，水在生產與生活化上被過度利用，使得現代人和未來人類賴以生活和生存的水資源遭遇量與質的嚴重不足及惡化。受到影響的不只是水體，包括土體和大氣體都因之劣化質變。有識之士於此時強烈地要求並推動水利用的生態化，希望以水做爲改善生態環境的工具，追求平衡的水管理，於是完備了水利用的三生化過程。

三、臺灣地區農業用水概況

水資源的利用在不同產業之間差異甚大，從過去25年至未來20年的預測，農業用水將由164億立方米降至120億立方米，減少近27%。相對的，工業用水及生活用水將急劇增加，分別由7億立方米及13億立方米上升至30億立方米及35億立方米，升幅達329%及169%。惟因農用水資源具有產業以外的經濟效益，如前述三生功能，所以政府已設定未來廿年內農業用水維持在低於120億立方米不成長的水準。

臺灣地區目前各用水標的之水權申用量達429億立方米，超過實際可用之水量，其中近75%水權由農業部門擁有，且80%水權量係存在於豐水季。又由於各用水標的在枯水季的可用水量十分有限，因此用水爭議不斷，各產業均積極爭取可用水源。依現實面而言，民國110年時總用水量可能達到200億立方米，分別是農業用水120億立方米、生活用水35億立方米、工業用水30億立方米及保育用水15億立方米。然而以目前水資源景況，僅有川流供應量90億立方米、水庫調蓄量40億立方米及地下水安全出水量40億立方米，屆時將約不足30億立方米。政府有關部門宜提早規劃因應，否則恐將引發用水糾紛，乃至於缺水危機。

據瞭解臺灣地區現行農業用水總需求量之低標爲122.2億立方米，其中灌溉用水量佔106.32億立方米(87%)、養殖用水佔14.72億立方米(12%)、畜牧用水佔1.16億立方米(1%)。另一方面基於生態環境維護之考量，並求兼顧水田灌溉對生態環境之保育功能，農委會曾推估臺灣地區各農

田水利會灌區在不休耕、不缺水之”正常情況”下，其總需水量高達131.86億立方米，此一數字可視為「高標灌溉水量」。行政院經建會於89年同意以「高標灌溉水量」作為灌溉取水設施之建設目標，俾於豐水期充分取用河川水源灌溉農地，發揮水田維護農業生產、自然生態及農村生活之三生功能。這些設施建設在梅雨豐沛及多颱年份確實發揮必要的作用，避免或降低了河川氾濫帶來的損害。可惜近年來在溫室效應及全球氣候快速變遷情境下，降雨頻率與分佈的改變和難以預測，使得水源已成為經常性供應不足，一直無法達到農田水利會維護灌溉水源、水量之目標，甚至有時候連低標灌溉水量都無以達成。水源不足時水權管理單位最常見的做法是要求農地休耕，固然因此稍解燃眉之急，但隨後產生的休耕補貼及農作生產短缺問題，卻又製造他項難題。

此外，行政院亦曾於民國89年的「節約用水行動方案—階段性節水量化目標及相關配套策略」中指出，農業用水於89至91年間將持續維持低標用水，每年灌溉用水量為106.32億立方米，而養殖及畜牧用水於八十九至九十一年間每年可減少0.5億立方米用水量。上述「灌溉低標用水量」係以灌溉農地休耕率在13％及灌溉缺水率達8％條件下估算，倘若農民未能配合必要之休耕，或持續乾旱使缺水率超過8%，以上目標即無法達成。由這些歷史數據也顯示，國內水資源短缺問題已相當嚴重，而農業用水量勢將逐年下降以符合其他產業及民生用水需求的逐年增加。對於農業部門而言，如何節約水資源的使用已是當務之急，農作物的栽培必須找尋節水空間，而且應當要準備與具備在有限水源下生產的因應做法。

四、乾旱時期農業用水之因應做法

臺灣地區現有耕地約851,495公頃，其中有灌溉之水田面積為442,005公頃(52%)，屬於十七個農田水利會灌溉區域面積計376,046公頃(44%)。由於農業用水以水田灌溉為大宗，而水田灌溉作物又以水稻為主，因此水稻成為乾旱時期經濟受損的主要探討對象，也是被檢討為消耗過多水源的禍首。常見的乾旱發生時期以整田期最多，因整田過程係將田區土壤水分自乾田轉換為飽和水田狀態，田區一次灌水深度(用量)往往高達120至200 mm，相當於坵塊於本田期正常用水量的15至25倍之多。於是，在預知水源不足生產水稻所需量時，或乃至於整地前即確知水源供應有短缺之虞時，即當果斷的辦理稻作休耕措施。當水源供應能夠突破整田期灌溉用水量瓶頸，順利地完成整田插秧，則旱災威脅或可減少一半。尤其是乾旱期發生於乳熟至糊熟期之後，旱害損失將有限度，僅需補充少量灌溉水即可獲得起碼產量。

臺灣地區一期稻作之整田插秧期（二、三月）適逢枯水季，較易發生乾旱。又因農耕方式逐年採用機械化，整田期縮短集中，短期間即需要提供龐大的水流量供作整地，致使農田用水發生枯旱的頻率增加。特別在北部地區，一旦春雨不足，供水即有問題。乾旱期間的救旱原則，一般認為係以最少水量在最短時間內達到最高之水資源利用率而使災害減至最低程度。本文則以為應當分成二種狀況處理

之，其一是當水稻已達抽穗開花期之後，在有限的灌溉用水前提下，可將定量的水源2/3用於乳熟至糊熟期，1/3用於黃熟期；其二是當水稻未達抽穗開花期，在無法預期降雨機率的前提下，則考慮辦理廢耕，以減少補貼金額。

本文亦建議，各農田水利會應當依照當地水資源、平年與異常年氣候訂定灌溉管理營運方案，事先針對各灌溉系統灌區之可忍受缺水程度，及乾旱發生之時期與乾旱程度，分別訂定不同缺水程度之配水計畫及救旱措施。並須協調各有關單位預為準備及演練有關配水操作之細節與方法，以及救旱所需之設施與事項，以應隨時需要。舉例而言，農委會自民國72年推行「節水管路灌溉計畫」以來迄91年底為止，全臺受補助末端灌溉設施之受益面積23,971公頃，政府及民間所投入經費達數十億元以上；該項計畫協助農民轉作經濟性作物，一方面提昇競爭力，另一方面亦具有節省灌溉用水之效果。諸如這類型計畫，水資源管理權責機關可預先模擬及精算，排定各情境之處理優先次序以利急時因應。在這同時政府有關部門亦當同步擬訂水源涵養及新水源開闢規畫，並大力倡導節約用水觀念及設置節水措施獎勵辦法，推動全民節水行動。農政機關亦以推廣節水栽培觀念與作法，研發耐旱作物品種及管理技術，俾於必要時因應採行，以延續乾旱時期之糧食生產。

五、結語

隨著工商產業及民生用水需求的持續增加，以及降雨頻率與分佈的不規則變化，臺灣地區勢必在有限水資源情境下進行農業生產。由農業用水的大宗在於水田的灌溉，綜合上述，發展旱稻栽培是一條可行的途徑。吾人一方面可以依照不同地區水源特性，選育合適的旱稻品種栽培於各地點，如玉米、小麥般的在旱地環境下生產。另一方面，可以立即針對在地旱稻進行研究，釐清其生育與栽培條件，選擇適當地區栽培生產。一般的水稻品種是在湛水環境下所選育出產量最高品系而育成的，所以在土壤水分含量不飽和的情形下產量當然會下降。而旱稻係在逆境下(如乾旱、土壤貧瘠、有毒土壤、雜草競爭力及農民低投入等）培育，能夠穩定生長產量卻不高，但是在理想環境下可以獲得突出的優良表現。

多年前國際稻米研究中心(IRRI)創造了一個新名詞「好氧稻(aerobic rice)」，乃因該水稻能生長在非湛水、有氧的土壤環境之下，而且是高產品種。此「好氧稻」可在乾旱(只有降雨或部分灌溉供應土壤水分)環境下生長，亦能在湛水高投入環境下生長，其在旱田及水田兩環境下都具有高產潛力，從北中國及巴西都已證明栽培「好氧稻」的可行性。在巴西，「好氧稻」是經過20年的育種程序從旱稻改良而成，在灑水灌溉系統(sprinkler irrigation)之栽培環境下有每公頃5-7噸的產量。在北中國，「好氧稻」在噴水灌溉系統之栽培環境下亦有每公頃6-7.5噸的產量。由中國大陸與巴西等國正在進行的好氧稻培育試驗初步結果顯示，它可以節省一半的灌溉用水，而且生產的稻米品質可以與傳統耕種的水稻媲美。但報告亦顯示同一田區連作3-4年之後，每單位面積產量將會急遽下降，詳細原因尚待澄清，有可能是土壤病害或土壤有毒物質的累積所造成。

儘管種植好氧稻仍有許多難關等待克服，但前光明前途可期，因爲其他幾種不需太多水量的旱稻已經獲得成功。旱稻的產量原本偏低，若能改善灌溉與施肥方式，產量仍有可觀的增加。由旱稻在中國大陸與巴西種植成功的案例，成果令人滿意，每公頃能生產5-6公噸的稻米讓人看到好氧稻的發展契機。對於世界上人口最多、水資源危機最嚴重的中國大陸與印度而言，好氧稻可能就是第二次綠色革命的開端。對於水資源有限的地區如臺灣，諸如好氧稻的旱稻選育及栽種，可能也是提升農業用水效率的另一項選擇。

水資源小百科

您知道嗎？地球面積的7/10都是被水覆蓋。人類的生活離不開水，植物生育亦需要水分滋養灌溉。然而，水能載舟亦能覆舟，水的功能除了飲用、保健、清潔、灌溉、航運、發電、觀光休閒外；一旦洪水來襲，卻能摧毀建物，造成人民生命與財產的威脅與損失。

台灣地區每年平均有2500多公釐的降雨量，約為900億噸。但由於人口密度過高，單位人口的配雨量不足，且山坡陡峭、河川短促，大部分的雨水都回歸海洋，因此是世界排名第十八位的缺水國家。

台灣為何缺水？根據環保署的資料顯示主要為1.環境污染問題：台灣地區有21條主要河川、29條次要河川和79條普通河川。在2934公里的河川總長度中，未受污染的河段有1808公里，佔河川總長度的61％。由於開發日益嚴重，導致許多河川的水質無法利用，因此可利用水資源也相對減少。2.都市化效應與坡地濫墾：植物具有調節水資源的功能，能截流雨水滲入地表轉成地下水，但由於都市面積擴增、混凝土、柏油路面等不透水層增加，阻斷水循環路徑，造成都市氣溫上升。3.降雨型態改變：由於全球氣候變遷影響，原本分佈於一整年的雨量卻集中於短時間內驟下，或是原本該下於水庫集水區中，卻下在水庫下游或是海洋上，使水資源無法被有效利用。

由於全球水資源日益短缺，為提昇人類對水資源利用的關心，聯合國大會依據1992年聯合國環境與發展會議（UNCED）在21世紀議程第18章「淡水資源」中提出的建議，於1993年2月22日通過決議，訂每年3月22日為「世界水資源日」(World Water Day)，以激發人類重視水資源應用問題。